



## 火力楠种质资源早期综合评价与选择

李清莹<sup>1,2</sup>, 陈伟俊<sup>2</sup>, 仲崇禄<sup>2</sup>, 方碧江<sup>3</sup>, 姜清彬<sup>2</sup>

(1. 浙江理工大学建筑工程学院, 杭州 310018; 2. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广州 510520;  
3. 福建省华安金山国有林场, 福建漳州 363800)

**摘要:** 通过对 8 个种源 77 个家系 6 年生火力楠人工林的生长及形质性状分析, 选出优良的种源家系, 为火力楠种质资源的合理开发利用提供科学依据。研究结果表明: 广东信宜和广西浦北的 2 个种源与 7、65、104、98 和 29 号 5 个家系在闽南地区综合生长表现较优; 在 8 个种源中, 广东信宜的种源综合评定值排名最高, 广西博白的综合评定值最低; 在所有 77 个家系中, 来自广东信宜的家系 7 综合排名最高, 说明家系 7 在生长及形质性状上综合优势明显。因此, 表现较优的 2 个种源和 5 个家系可用做闽南地区早期火力楠人工林种植的优良材料, 其中最具潜力的家系 7 和家系 65 值得闽南地区早期火力楠人工林种植推广。研究结果可为闽南地区营造火力楠早期优质高效的人工林提供科学依据。

**关键词:** 火力楠; 种源; 家系; 生长性状; 形质性状

**中图分类号:** S722.5

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-3851 (2019) 11-0799-07

## Early comprehensive evaluation and selection of *Michelia macclurei* germplasm resources

LI Qingying<sup>1,2</sup>, CHEN Weijun<sup>2</sup>, ZHONG Chonglu<sup>2</sup>, FANG Bijiang<sup>3</sup>, JIANG Qingbin<sup>2</sup>

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;  
2. Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China;  
3. Jinshan State-owned Forest Farm of Huaan, Zhangzhou 363800, China)

**Abstract:** To provide scientific bases for reasonable exploitation and utilization of germplasm resources, the superior provenances and families were selected based on analyzing the growth and shape traits of the 6-year-old *Michelia macclurei* artificial forest of 8 provenances and 77 families. The results showed that the two provenances Guangdong Xinyi and Guangxi Pubei and five families (No. 7, 65, 104, 98 and 29) had good overall growth performance in Southern Fujian. Among all 8 provenances, Guangdong Xinyi ranked the highest in the comprehensive evaluation, and Guangxi Bobai had the lowest comprehensive ranking. Among all 77 families, the family No. 7 from Guangdong Xinyi ranked the highest, indicating that it has the obvious comprehensive advantage in growth and shape traits. Therefore, the 2 provenances and 5 families with better performance can be used as excellent materials for planting early *M. macclurei* plantation in Southern Fujian, among which the most promising family No. 7 and family No. 65 are worth promoting. The research results can provide the scientific basis for the construction of early high quality and efficient *M. macclurei* artificial forest plantation in southern Fujian.

**Key words:** *Michelia macclurei*; provenance; family; growth trait; shape trait

收稿日期: 2019-03-24 网络出版日期: 2019-06-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(31700554); 十三五国家重点研发计划子课题(2017YFD0601101-7); 浙江理工大学科研启动基金项目(18052293-Y)

作者简介: 李清莹(1989-), 男, 山东临沂人, 讲师, 博士, 主要从事园林植物种质资源与利用方面的研究。

通信作者: 姜清彬, Email: jiangqingbin@caf.ac.cn

## 0 引言

火力楠(*Michelia macclurei* Dandy)又名醉香含笑,属木兰科(Magnoliaceae)含笑属(*Michelia*)常绿大乔木,树高可达35 m,胸径1 m以上,是中国南方重要的乡土珍贵用材和多功能高效益树种,天然分布于广东与广西两省区交界处,在中国长江一带及以南地区均有广泛种植<sup>[1-2]</sup>。火力楠具有生长迅速、枝条多、叶片丰富等良好特性<sup>[3]</sup>,同时也是培育大径级用材的优质树种。其树干圆满通直,木材结构细,纹理直,为优良建筑用材,常用作于门窗及板材等。火力楠假种皮和种子富含的植物油等成分,在香料、医药、日用品化工等方面有着重要用途。火力楠也是作为防火、改土、水源涵养的良好树种<sup>[4-5]</sup>。

目前,火力楠研究较多集中在培育及繁育等方面<sup>[2,6-10]</sup>。陈志荣等<sup>[11]</sup>对广东省西江林业局仙菊林场的火力楠的生长情况进行了研究,结果发现,火力楠生长迅速,个体生长间存在显著差异,具有很大的遗传改良潜力。福建从广西引进火力楠良种,经长期培育,在闽东山地及闽南沿海地区生长均表现良好<sup>[12]</sup>,但对培育适宜在闽南地区栽培的火力楠用材林的种质材料,特别是高产、高效的优良材料还需进一步系统研究和选育。何金元<sup>[13]</sup>对3年生火力楠不同种源、家系进行了测定研究,而有研究指出火力楠林木分别在4~16年和5~16年时,树高与胸径生长最快<sup>[14]</sup>。

本文选取福建省华安金山国有林场内进入快速

生长期的6年生火力楠人工林作为研究对象,对火力楠8个种源、77个家系的生长及形质性状进行综合评价与选择,以选出在闽南地区速生丰产、材质优良及干型通直的火力楠人工林为目标,为闽南地区火力楠优良种源家系的早期选择提供科学依据,为营造速生、干形通直和材质优良的高效火力楠人工林提供技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于福建省华安金山国有林场和清工区9大班6小班,东经117°56′、北纬24°69′,海拔170~250 m,为杉木采伐迹地,土壤为山地红壤,立地质量为Ⅱ类地,土层厚度大于100 cm,土壤肥力中等<sup>[13]</sup>。坡向为西坡,坡度14°。试验地年日照时数2900.3 h,年均气温21.1℃,绝对高温41℃,极端低温为零下2.4℃。年无霜期305 d,相对湿度80%。年降水量1800 mm左右,年蒸发量1187.5 mm,属南亚热带海洋性季风气候<sup>[15]</sup>。

### 1.2 试验材料

试验所用的火力楠8个种源77个家系信息如表1所示。育苗采集种子时间为2011年11~12月,同一种源不同采种母树地理间隔500 m以上(天然种源),次生种源地间隔至少1000 m以上。采种时均选择20年树龄以上的健康无病虫害火力楠优质母树<sup>[16]</sup>,收集其成熟果实,获得种子后随即播种育苗,当苗高达50~80 cm时用于大田造林。

表1 火力楠种源家系概况

种源号	种源地	林分类型	包含家系号	纬度	经度	海拔/m
1	广东信宜	天然	2、3、6、7、9—17、19—22	22°27′	110°46′	214
2	广东高州	天然	25、26、29、33、34、36、38、40、44、45、47—50、130	22°09′	110°47′	176
3	广东云浮	次生	131—133	22°59′	112°12′	158
4	广西容县	天然	90、92—96、98—100、102—108、110—112	22°59′	110°38′	154
5	广西博白	天然	115—120、122、126—128	21°57′	109°44′	185
6	广西浦北	天然	63—65	22°15′	109°32′	109
7	广西钦州	天然	66、71、74、75、78	22°02′	109°26′	54
8	广西凭祥	次生	79、82、84、88、89	22°02′	106°50′	455

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 试验设计和造林

采用完全随机区组进行造林设计,每个家系10株为1小区,重复4次,穴规格长宽深为60 cm×40 cm×30 cm,株行距2 m×3 m。2012年雨季造林,每年每株施复合肥1次,每次250 g,试验地周围

种植灰木莲,作为保护树种。

#### 1.3.2 数据收集及统计

以生长及形质性状作为评价指标,选取树高(Height, H)、胸径(Diameter at breast height, DBH)、枝下高(Clear bole height, CBH)、主干分叉性(Stem form axis persistence, SFA)、主干通直度

(Stem form straightness, SFS)、侧枝密度(Density of permanent branch, DPB)、侧枝粗细(Thickness of permanent branch, TPB)以及侧枝分枝角

(Angle of permanent branch, APB)为评价指标,其中形质性状具体分级标准如表 2 所示。

表 2 火力楠形质性状的分级标准

性状	指标	级数值					
		6	5	4	3	2	1
SFA	树高四等分,判断分叉位置	极佳:完全无分叉	好:分叉位于 3/4 以上	较好:分叉位于 2/4~3/4	中等:分叉位于 1/4~2/4	稍差:分叉位于基部~1/4	极差:从基部开始有分叉
SFS	树高四等分,判断弯曲位置	极佳:完全通直	好:主干大致通直	较好:主干 3/4 以上弯曲	中等:主干 2/4~3/4 弯曲	稍差:主干 1/4~2/4 弯曲	极差:主干 1/4 以下弯曲
DPB	主干侧枝间距(从树高以上记录)	—	—	极疏:侧枝间距大于 30 cm	疏:侧枝间距均匀且多数约 30 cm	不密:侧枝间距不均匀且多数约 15 cm	极密:侧枝间距较均匀且不大于 15 cm
TPB	侧枝直径与邻近主干直径对比	—	—	极细:全部侧枝直径小于邻近主干直径的 1/4	细:全部侧枝直径不大于邻近主干直径的 1/3	粗:有 1~3 个侧枝直径大于邻近主干直径的 1/3	极粗:有 3 个以上侧枝直径大于邻近主干直径的 1/3
APB	侧枝与主干上部夹角	—	—	—	—	水平:大于 60°	向上:小于 60°

利用以上各性状指标,用多目标决策分析中的一维选优法<sup>[17-18]</sup>对火力楠种源家系进行综合评价与选择。具体方法如下:根据不同性状的重要性及其数据的变化规律,基于选取火力楠用材林时需求大径材、树体通直,生长迅速的特点,先采取两两相互比较,后给出两性状间的比较权重值,然后求出每个性状的平均权重即为该性状的权重系数( $W_j$ )。将火力楠各种源家系的性状平均值转换为同一效用单位值  $U_{ij}$  ( $0.1 \leq U_{ij} \leq 1.0$ )。具体转换方法见公式(1),再利用公式(2)计算综合评定值  $W_i$ ,最后按照  $W_i$  的数值大小进行排序,数值越大的种质资源评价越优。

$$U_{ij} = 1 - 0.9 \times (V_{\max} - V_{ij}) / (V_{\max} - V_{\min}) \quad (1)$$

$$W_i = \sum W_j \times U_{ij} \quad (2)$$

其中:式中  $V_{ij}$ 、 $V_{\max}$  与  $V_{\min}$  分别代表性状的平均值、

最大值和最小值; $i$  代表种源或家系号, $j$  代表第  $j$  个性状指标。

## 2 结果与分析

### 2.1 火力楠种源综合评价与选择

6 年生火力楠 8 个种源的生长及形质性状指标如表 3 所示。由表 3 可知种源 7 的树高最高为 6.43 m,种源 5 的最低为 5.91 m;种源 7 的胸径也最大为 8.84 cm,而种源 4 的最小仅为 7.54 cm;枝下高在 1.50~1.69 m 之间;主干分叉性(SFA)数值均在 4 以上,主干通直度(SFS)除种源 3(4.88)以外其余均在 5 以上,表明火力楠树体具有一定的通直性,主干分叉较少。侧枝粗细(TPB)、侧枝密度(DPB)和分枝角(APB)分级值最高的种源分别为种源 4(2.37)、种源 6(2.44)和种源 3(1.70)。

表 3 火力楠种源生长及形质性状指标

种源号	H/m	DBH/cm	CBH/m	SFA	SFS	TPB	DPB	APB
1	6.14±0.07	7.76±0.11	1.60±0.04	4.67±0.06	5.34±0.04	2.36±0.03	2.32±0.03	1.66±0.04
2	6.15±0.07	8.20±0.12	1.56±0.01	4.38±0.07	5.21±0.05	2.26±0.04	2.39±0.03	1.69±0.03
3	6.05±0.14	7.85±0.26	1.50±0.03	4.30±0.15	4.88±0.13	2.36±0.08	2.40±0.08	1.70±0.07
4	5.95±0.07	7.54±0.12	1.52±0.01	4.66±0.06	5.34±0.04	2.37±0.03	2.40±0.03	1.65±0.02
5	5.91±0.08	7.92±0.14	1.57±0.07	4.44±0.07	5.13±0.06	2.21±0.04	2.29±0.04	1.68±0.04
6	6.34±0.12	8.62±0.23	1.59±0.02	4.19±0.13	5.19±0.08	2.27±0.07	2.44±0.06	1.66±0.06
7	6.43±0.08	8.84±0.18	1.69±0.01	4.14±0.10	5.19±0.08	2.22±0.05	2.25±0.05	1.67±0.04
8	6.06±0.12	8.48±0.25	1.50±0.02	4.48±0.11	5.30±0.09	2.32±0.06	2.32±0.07	1.68±0.07
平均值	6.13	8.15	1.57	4.41	5.20	2.30	2.35	1.67

通过以上评价方法计算得出,每个性状的权重系数  $W_j$  具体如表 4 所示,其中树高和胸径最高均为 0.146,其次主干分叉性为 0.132,其余性状指标均为 0.111。总体来看,树高、胸径和主干分叉性所占比重大。

表 4 火力楠生长及形质性状指标的权重系数

性状指标	H	DBH	CBH	SFA	SFS	TPB	DPB	APB
$W_j$	0.146	0.146	0.111	0.132	0.111	0.111	0.111	0.111

对 8 个种源各性状的平均值进行同一效用单位值转换后,不同种源火力楠各性状指标的同一直用单位值及综合评定值和排名如表 5 所示。由表 5 可知,火力楠种源的综合评定种源排名从大到小依次为:1、6、7、2、8、4、3 和 5。其中种源 1 的综合评定值最高为 0.600,种源 6 的次之为 0.599,种源 5 最小为 0.376。

鉴于早期评价与选择,遗传基础不能过窄,为保持其遗传多样性,采用 20% 的入选率<sup>[19-20]</sup>,与之对应的种源综合评定值几乎都大于 0.600,即种源 1 和种源 6 为较优种源。结合表 3,可以看出,种源 1 和种源 6 在树高、胸径、枝下高、通直度及分叉性性状指标上,基本均大于种源平均水平。种源 1 的胸径要低于种源平均水平,但种源 1 火力楠的主干分叉性以及主干通直度均处于 8 个种源的最高水平;种源 6 虽然在所有种源中,树高(6.34 m)和胸径(8.62 cm)平均值位居前二,但其干形较种源 1 差,而对于用材林的良种选择而言,树干通直不分叉的

种源应为优先选取良种。从种源的综合评定值看,种源 3、种源 5 为较差种源,综合评定值在 0.500 以下,其中种源 5 的表现最差,其综合评定值为 0.376,显著低于各种源的综合评定值。而其余种源 7、种源 2、种源 8 和种源 4 等 4 个种源为次优种源。综合可见,8 个种源中种源 1 和种源 6 为优秀种源,综合评定值均约为 0.600,是 6 年生在闽南地区表现优秀的火力楠种源材料。

何金元<sup>[13]</sup>对来自上述不同种源的 3 年生火力楠人工林生长特性进行分析得出,在火力楠选择优良种源时应优先考虑天然种源的结论。在本次 6 年生时对其研究表明,种源 1、种源 6、种源 7 和种源 2 等天然种源均处于综合评定排名的前 4 位,说明天然种源火力楠较次生种源的生长优势明显,与何金元<sup>[13]</sup>得到的研究结论相同。但从两次火力楠种源选择结果上看,综合表现最优与最差的种源不一致,说明火力楠在不同林龄中生长性状变化较大。闽南山地火力楠人工林生长特性的研究表明,火力楠的树高、胸径及材积的速生期分别在 4~14 年间、5~16 年间以及 11~18 年间,大约在 14~16 年后生长明显趋于下降<sup>[21]</sup>。在今后火力楠 6~18 年生的综合研究中,火力楠在不同生长期的生长特性的差异需重点关注。此外,在优秀种源排名中,随着排名的上升,纬度和经度以及海拔逐渐升高,说明在福建漳州地区种源的表现与经纬度、海拔均呈正相关。

表 5 火力楠种源各性状同一效用单位值、综合评定值及排名

排名	种源号	H	DBH	CBH	SFA	SFS	TPB	DPB	APB	$W_i$
1	1	0.498	0.252	0.574	1.000	1.000	0.944	0.432	0.280	0.600
2	6	0.844	0.848	0.526	0.185	0.707	0.438	1.000	0.280	0.599
3	7	1.000	1.000	1.000	0.100	0.707	0.156	0.100	0.460	0.574
4	2	0.515	0.557	0.384	0.508	0.746	0.381	0.763	0.820	0.567
5	8	0.360	0.751	0.100	0.677	0.922	0.719	0.432	0.640	0.564
6	4	0.169	0.100	0.195	0.983	1.000	1.000	0.811	0.100	0.514
7	3	0.342	0.315	0.100	0.372	0.100	0.944	0.811	1.000	0.473
8	5	0.100	0.363	0.432	0.609	0.589	0.100	0.289	0.640	0.376

## 2.2 火力楠家系综合评价与选择

6 年生火力楠 77 个家系的生长及形质性状指标见表 6,由于篇幅所限,此处仅按家系号顺序列出前 20 个家系号。表 6 显示:在所有家系中,树高最高为 74 号家系,为 7.03 m,最低为 122 号家系,树高为 4.22 m;胸径最大为 65 号家系,为 10.17 cm,最小为 122 号家系,为 5.52 cm。枝下高最高为 7 号家系,为 2.20 m,最低为家系 99,为 1.31 m。所有家系的主干分叉性为 4.50、主干通直度为 5.26,

结合表 2 分析,所有火力楠家系整体表现为,主干分叉较少,树干基本通直。

火力楠 77 个家系生长及形质性状指标的同一直用单位值、综合评定值及排名见表 7。从表 7 可知,各家系的综合评定值中,表现最好的为家系 7,综合评定值为 0.761;表现最差的为家系 117,综合评定值为 0.336。依据 20% 的入选率<sup>[19-20]</sup>,得出家系 7、65、104、98、29、92、47、74、16、17、89、103、9、13、66 等 15 个家系综合表现较好,综合评定值均在

表 6 火力楠家系生长及形质性状指标

家系号	H/m	DBH/cm	CBH/m	SFA	SFS	TPB	DPB	APB
2	5.75±0.32	7.45±0.48	1.48±0.02	4.79±0.28	5.38±0.18	2.16±0.14	2.21±0.18	1.74±0.10
3	6.16±0.19	8.71±0.40	1.55±0.03	4.84±0.26	5.68±0.11	2.16±0.12	2.32±0.10	1.60±0.10
6	5.97±0.28	7.01±0.40	1.54±0.03	4.42±0.25	5.33±0.16	2.46±0.13	2.42±0.10	1.58±0.10
7	7.02±0.35	8.36±0.35	2.20±0.41	5.07±0.22	5.21±0.17	2.68±0.14	2.32±0.09	1.71±0.09
9	5.82±0.26	8.03±0.47	1.50±0.04	4.70±0.20	5.38±0.12	2.50±0.10	2.33±0.09	1.87±0.46
10	5.69±0.21	7.38±0.41	1.53±0.05	5.11±0.21	5.65±0.15	2.32±0.11	2.37±0.11	1.58±0.12
11	6.83±0.22	9.10±0.47	1.53±0.02	4.11±0.21	5.22±0.17	2.29±0.12	2.14±0.13	1.61±0.09
12	6.24±0.22	7.88±0.46	1.48±0.04	4.52±0.24	5.11±0.16	2.12±0.17	2.28±0.11	1.58±0.10
13	5.96±0.21	6.68±0.37	1.50±0.03	5.23±0.14	5.32±0.11	2.62±0.10	2.50±0.10	1.65±0.23
14	6.44±0.16	8.05±0.47	1.50±0.03	4.43±0.29	5.62±0.18	2.22±0.13	2.04±0.13	1.78±0.09
15	5.91±0.17	7.53±0.30	1.57±0.03	4.27±0.24	5.42±0.16	2.00±0.15	2.35±0.10	1.80±0.10
16	6.99±0.17	8.34±0.35	1.75±0.20	4.50±0.19	4.92±0.20	2.33±0.11	2.37±0.11	1.87±0.06
17	6.45±0.25	8.91±0.56	1.58±0.02	4.32±0.30	5.40±0.13	2.50±0.17	2.45±0.11	1.68±0.10
19	5.95±0.22	6.90±0.46	1.56±0.04	4.55±0.25	5.11±0.16	2.36±0.12	2.50±0.11	1.45±0.11
20	5.34±0.32	6.86±0.52	1.44±0.05	4.79±0.19	5.23±0.12	2.29±0.16	2.36±0.13	1.79±0.11
21	5.26±0.33	6.68±0.46	1.84±0.33	5.10±0.25	5.59±0.15	2.57±0.11	2.10±0.12	1.29±0.10
22	5.29±0.29	6.31±0.58	1.46±0.06	5.00±0.23	5.42±0.19	2.43±0.17	2.36±0.13	1.50±0.14
25	6.09±0.31	8.79±0.59	1.56±0.03	4.15±0.22	5.46±0.18	2.00±0.16	2.20±0.12	1.75±0.12
26	5.70±0.27	7.23±0.48	1.59±0.02	4.36±0.24	5.26±0.17	2.07±0.14	2.04±0.11	1.68±0.09
29	6.31±0.23	8.00±0.47	1.48±0.03	4.84±0.24	5.35±0.15	2.47±0.14	2.79±0.10	1.74±0.13
...	...	...	...	...	...	...	...	...
平均	6.04	7.90	1.56	4.50	5.26	2.31	2.35	1.67

注：由于篇幅所限，在此按照家系号顺序只列出 20 个家系号。

表 7 火力楠家系各性状同一效用单位值、综合评定值及排名

排名	家系号	H	DBH	CBH	SFA	SFS	TPB	DPB	APB	$W_i$
1	7	0.997	0.650	1.000	0.868	0.412	0.990	0.568	0.691	0.761
2	65	0.923	1.000	0.424	0.523	0.442	0.835	0.676	0.733	0.695
3	104	0.824	0.534	0.504	0.764	0.598	0.913	0.784	0.578	0.674
4	98	0.750	0.688	0.363	0.566	0.546	0.923	0.667	0.916	0.664
5	29	0.769	0.580	0.272	0.742	0.517	0.787	0.991	0.733	0.661
6	92	0.849	0.541	0.474	0.545	0.517	0.874	0.604	0.873	0.646
7	47	0.984	0.814	0.363	0.512	0.212	0.855	0.766	0.634	0.644
8	74	1.000	0.764	0.767	0.358	0.383	0.748	0.667	0.494	0.644
9	16	0.987	0.646	0.545	0.555	0.197	0.652	0.613	0.916	0.636
10	17	0.814	0.756	0.373	0.457	0.554	0.816	0.685	0.648	0.631
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
68	90	0.782	0.597	0.282	0.468	0.569	0.235	0.307	0.466	0.469
69	106	0.411	0.323	0.272	0.517	0.457	0.681	0.667	0.494	0.461
70	105	0.484	0.392	0.242	0.100	1.000	0.652	0.577	0.395	0.459
71	26	0.574	0.431	0.383	0.479	0.450	0.400	0.316	0.648	0.454
72	33	0.558	0.642	0.242	0.281	0.442	0.429	0.424	0.606	0.450
73	88	0.369	0.408	0.140	0.555	0.554	0.700	0.451	0.395	0.435
74	63	0.504	0.433	0.252	0.215	0.256	0.526	0.784	0.480	0.420
75	122	0.100	0.100	0.211	0.501	0.442	0.719	1.000	0.536	0.418
76	99	0.587	0.286	0.100	0.555	0.405	0.332	0.622	0.227	0.388
77	117	0.520	0.448	0.201	0.435	0.174	0.100	0.280	0.480	0.336

注：由于篇幅所限，在此只出家系综合评定值排名的前 10 位与后 10 位家系。

0.600以上,其中排名前5的家系7、65、104、98和29号表现较优,综合评定值0.660以上,其中家系7的综合评定值最高,其树高、胸径以及各形质性状均高于家系平均值,家系65的胸径(10.07 cm)最大,树高(6.79 m)也明显高于平均水平,说明这两个家系具有生长速度快、适合当地生长的特点;家系3、111、48、95、107、112、128、102和79号等43个家系综合表现中等,综合评定值在0.503~0.607之间;家系12、75、108、22和19号等19个家系其综合评定值均在0.500以下,为较差家系。因此在家系水平上,7、65、104、98和29号5个家系在闽南地区6年生表现优良,是筛选的早期优良火力楠人工林种植理想家系。在排名前10的家系中,属于种源1(广东信宜)的家系有家系7、家系16和家系17;属于种源6(广西浦北)的有家系65;属于种源7(广西钦州)的有家系74。其中,家系综合排名前2位的所属种源分别为种源1、种源6,与种源的综合评定排名相对应。综合分析得出,所有家系中,来自种源1(广东信宜)的家系7以及来自种源6(广西浦北)的家系65为火力楠优良家系的最优选择。其次,在所有表现较优的家系中,来自广东的有5、7和29号3个家系,来自广西的有98和104号2个家系;来自广东的较优家系在综合排名上要优于广西,因此,来自广东的家系更适宜在闽南地区生长。

### 2.3 火力楠种源家系综合分析

从火力楠种源家系总体评价结果来看,其中种源1的7号家系和种源6的65号家系具有极高的生长和发展潜力,7号家系综合评价最好,可作为重点关注和选育对象;65号家系树高和胸径综合排名最高,说明其树高和胸径生长速度最快。但早期研究的结果是不是与火力楠生长中期和轮伐期结论一致,还需要今后持续进行跟踪研究和分析验证。光照、土壤条件、降水和立地条件也是决定林木生长状况的重要因素。李洁等<sup>[22]</sup>分析不同坡位对火力楠生长的影响,结果表明4年间不同坡位(上坡、中坡、下坡)对火力楠地径的生长具有显著影响,对树高和冠幅的生长不明显。赵玉清等<sup>[23]</sup>对6年生火力楠种源试验林研究发现,火力楠不同种源生长性状在不同生长阶段变化显著。对比何金元<sup>[13]</sup>研究中的3年生与本文6年生火力楠种源家系,两个林龄的生长特性存在明显差异。还有报道指出,有必要对任何树种或种源对其生长环境的适应性和相互作用进行评估,所以在进行种质资源综合评价与选择时,不能仅以树高和胸径为选择依据,需根据选育的目的,

确定分析的指标,结合不同的形质性状以及立地条件和环境因子进行综合分析<sup>[24-25]</sup>。依据以上研究结论,本文利用生长及形质性状对火力楠种源家系进行综合评价,但仅对福建华安金山国有林场试验点进行分析,并未展开多点试验,而在不同地区有着不同的气候和立地条件,各种源家系的生长特性也会随着地点的改变而不同,进一步的研究应结合不同地区来进行种质资源的综合评价与选择。

### 3 结 论

火力楠为中国亚热带乡土珍贵树种,具有材质优良,生长迅速,适应性强,市场潜力大,发展前景广等特点。本文通过对闽南地区6年生火力楠人工林的生长及形质性状进行综合评价与选择,得出以下结论:

a) 广东信宜(种源1)和广西浦北(种源6)2个种源,7、65、104、98和29号5个家系在闽南地区生长表现较优,是火力楠种质资源在该地区早期选育出的优良材料。

b) 7号与65号家系潜力巨大,适宜在闽南地区大力推广种植。

本研究结果可为火力楠早期高效人工林的优良材料选育提供理论基础,在今后火力楠选育研究中,充分开发利用以上优良材料的潜力,为火力楠在闽南地区的推广以及满足我国对珍贵树种资源的需求作出重要贡献。

### 参考文献:

- [1] 姜清彬,李清莹,仲崇禄. 乡土珍贵树种火力楠的培育与综合利用[J]. 林业科技通讯, 2017(8): 3-7.
- [2] 李清莹,文珊珊,姜清彬,等. 不同营养元素缺乏对火力楠幼苗生长的影响[J]. 生态学杂志, 2017, 36(3): 664-669.
- [3] 田湘. 高峰林场13年生火力楠人工林生长特性及水源涵养特征[D]. 南宁: 广西大学, 2016: 1.
- [4] 邓如杰,蔡始荣. 火力楠的育苗及造林技术解析[J]. 中国林业产业, 2016(8): 154-154.
- [5] 王里. 火力楠家系植物油提取比较研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2015: 1-2.
- [6] Jiang Q B, Li Q Y, Chen Y, et al. Arbuscular mycorrhizal fungi enhanced growth of *Magnolia macclurei* (Dandy) figlar seedlings grown under glasshouse conditions[J]. Forest Science, 2017, 63(4): 441-448.
- [7] 梁一萍,李志辉,韦鼎英,等. 火力楠不同天然种群种子发芽速度差异[J]. 种子, 2016, 35(9): 78-81.

- [8] 梁有祥, 秦武明, 玉桂成, 等. 桂东南地区火力楠人工林生长规律研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(2): 150-154.
- [9] 赖建强. 闽南沿海山地火力楠用材林林分密度管理初探[J]. 林业勘察设计, 2010(1): 31-32.
- [10] 刘凯昌, 曾天勋. 杉木、火力楠混交幼林养分位移和循环的研究[J]. 林业科学研究, 1990(6): 618-622.
- [11] 陈志荣, 黄少伟. 火力楠人工林生长分析[J]. 湖南林业科技, 2003, 30(2): 20-22.
- [12] 陈瑞杰. 闽东山地火力楠杉木混交林生长效果及其混交方式选择研究[J]. 现代农业科技, 2011(2): 229-230.
- [13] 何金元. 3年生火力楠不同种源、家系子代测定[J]. 福建林业科技, 2016, 43(4): 34-37.
- [14] 梁一萍, 李志辉, 朱积余, 等. 珍贵树种火力楠研究进展[J]. 林业实用技术, 2013(11): 13-16.
- [15] 刘希华. 福建省西南桦引种、早期选择及快繁技术研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2005: 10.
- [16] 王里, 彭映辉, 仲崇禄, 等. 火力楠14个种源种子形态变异分析[J]. 种子, 2015, 34(4): 86-89.
- [17] 仲崇禄. 木麻黄苗期最佳固氮基因型组合体研究[J]. 林业科学研究, 1993(6): 654-660.
- [18] 洪伟. 多目标决策在林业中的应用[J]. 林业勘察设计, 1987(2): 40-46.
- [19] 仲崇禄, 白嘉雨. 山地木麻黄家系遗传参数估算与家系选择[J]. 林业科学研究, 1998, 11(4): 361-369.
- [20] 马妮, 张勇, 仲崇禄, 等. 粗枝木麻黄在海南的种源试验与早期选择[J]. 林业科学研究, 2014, 27(3): 435-440.
- [21] 林星华. 闽南沿海山地火力楠人工林生长特性及改土效用研究[J]. 科技简报, 2001(9): 25-27.
- [22] 李洁, 薛立. 不同坡位对火力楠生长的影响[J]. 亚热带植物科学, 2016, 45(2): 131-134.
- [23] 赵玉清, 陈莹莹, 李璐, 等. 火力楠不同种源早期生长遗传变异[J]. 广西林业科学, 2018, 47(2): 195-199.
- [24] Yeiser J L, Bujitenen J P, Lowe W. Genotype environment interactions and seed movement for loblolly pine in the Western Gulf region[J]. Silvae Genetica, 1891, 30(6): 196-200.
- [25] 李帅锋, 苏建荣, 郎学东, 等. 思茅松自由授粉家系遗传参数与早期选择分析[J]. 林业科学研究, 2017, 30(6): 929-935.

(责任编辑:廖乾生)